



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09045608 A**(43) Date of publication of application: **14.02.97**

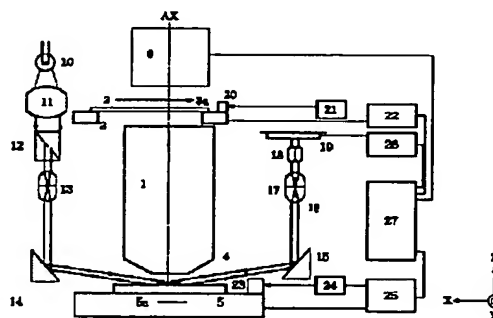
(51) Int. Cl.

**H01L 21/027****G03F 7/20****G03F 9/00**(21) Application number: **07198648**(71) Applicant: **CANON INC**(22) Date of filing: **03.08.95**(72) Inventor: **YAMADA YUICHI  
UZAWA SHIGEYUKI****(54) SURFACE POSITION DETECTION METHOD****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect a position of a wafer surface highly accurately by correcting a detection result by an error corresponding to a detection point for each detection point when an object is relatively scanned to a face position detection means and a face position of a plurality of detection points of the region is detected.

**SOLUTION:** Positioning to an image surface which is a biaxial direction of a pattern on a reticle 2 is carried out by performing control to a leveling stage inside a wafer stage 5 through a wafer position control means 25 based on an operation result of a surface position detection means 28 for detecting height data of a wafer 4. That is, inclination of a scanning direction and a vertical direction and a height error in an optical axis AX direction are calculated from height data of three points of height measurement spot light of a wafer 4 which become a plurality of detection points in an area near a slit to a scanning direction as a surface position detection means 26 and a correction amount to an optimum image surface position at an exposure position is obtained and corrected. Thereby, the position of a surface of the wafer 4 can be detected highly accurately.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 8
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
9/00			9/00	H
			H 0 1 L 21/30	5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-198648

(22) 出願日 平成7年(1995)8月3日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 山田 雄一

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者 鷗澤 繁行

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

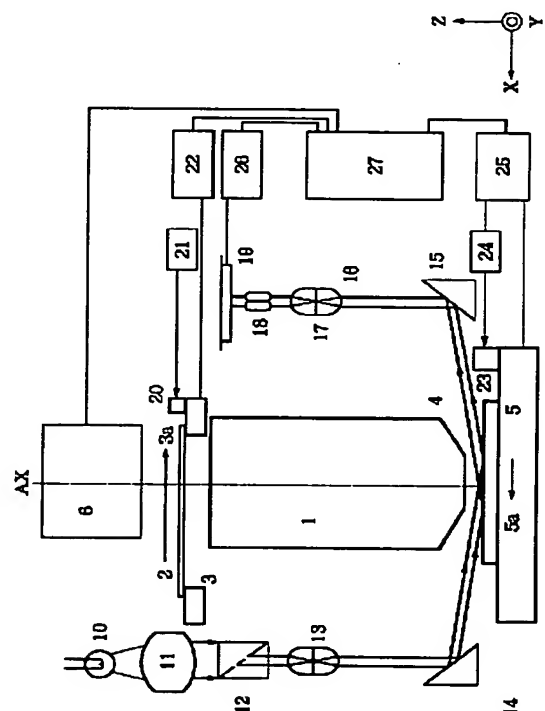
(74) 代理人 弁理士 丸島 徹一

## (54) 【発明の名称】 面位置検出方法

## (57) 【要約】

【課題】 パターン構造に依存する誤差を補正してウェハー表面の位置を高精度に検出する事ができる面位置検出方法を提供する。

【解決手段】 面位置検出手段が面位置を検出する際の複数の検出ポイント間のパターン構造の違いにより生じる各検出ポイント毎の誤差を検出する段階と、前記物体を前記面位置検出手段に対して相対走査して、前記面位置検出手段で前記領域内の前記複数の検出ポイントの面位置を検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 パターン構造を有する領域が形成された物体を面位置検出手段に対して相対走査して、前記領域内の複数の検出ポイントの面位置を前記面位置検出手段で測定する面位置検出方法において、

前記面位置検出手段が面位置を検出する際の前記複数の検出ポイント間のパターン構造の違いにより生じる各検出ポイント毎の誤差を検出する段階と、

前記物体を前記面位置検出手段に対して相対走査して、前記面位置検出手段で前記領域内の前記複数の検出ポイントの面位置を検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする面位置検出方法。

【請求項2】 前記物体には、前記領域と同一のパターン構造を有する複数の領域が形成されており、前記物体を前記面位置検出手段に対して相対走査して、前記面位置検出手段で前記複数の領域内の前記複数の検出ポイントと同一箇所の面位置を検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする請求項1の面位置検出方法。

【請求項3】 前記誤差検出段階は、前記複数の各領域内であって同一箇所の面位置データの組毎に各々の面位置データに基づいて前記物体の面形状を各々検出する段階と、前記各面形状に基づいて前記誤差を検出する段階とを有することを特徴とする請求項2の面位置検出方法。

【請求項4】 レチクルとウエハを投影光学系に対し同期させて走査させるとともに前記投影光学系を介して前記レチクル上のパターンを前記ウエハ上に投影露光する際、前記ウエハ上のパターン構造を有する被露光領域内の走査方向に並んだ複数の検出ポイントの面位置を順次検出して前記被露光領域を前記投影光学系の像面位置に位置させる走査型露光方法において、

面位置を検出する際、前記複数の検出ポイント間のパターン構造の違いにより生じる各検出ポイント毎の誤差を検出する段階と、

前記複数の検出ポイントの面位置を順次検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする走査型露光方法。

【請求項5】 前記ウエハには、前記被露光領域と同一のパターン構造を有する複数の被露光領域が形成されており、前記複数の検出ポイントと同一箇所の面位置を順次検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする請求項4の走査型露光方法。

【請求項6】 前記誤差検出段階は、前記複数の各被露光領域内であって同一箇所の面位置データの組毎に各々の面位置データに基づいて前記ウエハの面形状を各々検

出する段階と、前記各面形状に基づいて前記誤差を検出する段階とを有することを特徴とする請求項5の走査型露光方法。

【請求項7】 物体に対して斜入射する光束によって物体の面位置を検出する面位置検出手段によって、前記物体上に形成された同一のパターン構造を有する複数の領域の各領域内の同一箇所の面位置をそれぞれ検出して物体の面形状を検出する方法において、

前記面位置検出手段によって、前記領域の同一箇所の面位置を検出する第1検出段階と、

前記検出結果に基づいて前記物体を所定の位置に駆動する段階と、

前記物体を駆動後、前記面位置検出手段によって、再度前記領域の同一箇所の面位置を検出する第2検出段階と、

前記駆動の際の駆動量と前記第2検出段階の検出結果に基づいて前記各領域の面位置を算出する段階とを有することを特徴とする面形状検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は面位置検出方法に関し特にスリットスキャン方式（走査型露光方式）の露光装置において投影光学系の光軸方向に関するウエハ表面の位置や傾きを連続的に検出する面位置検出方法及び走査型露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近のメモリーチップの大きさは露光装置の解像線幅及びセルサイズの縮小トレンドに対するメモリー容量の拡大トレンドの差から徐々に拡大傾向を示しており例えば256Mの第1世代では14x25mm程度と報告されている。

【0003】このチップサイズでは現在クリティカルレイヤー用の露光装置として使用されている縮小投影露光装置（ステッパー）の直径31mmの露光域では1回の露光あたり1チップしか露光できず、スループットがあがらないためにより大きな露光面積を可能とする露光装置が必要とされている。大画面の露光装置としては、従来より、高スループットが要求されるラフレイヤー用の半導体素子露光装置或いはモニター等の大画面液晶表示素子の露光装置として反射投影露光装置が広く使用されている。これは円弧スリット状の照明光でマスクを直線走査しこれを同心反射ミラー光学系でウエハ上に一括露光するいわゆるマスクウエハ相対走査によるスリット・スキャン方式（走査型露光方式）の露光装置である。

【0004】これらの装置におけるマスク像の焦点あわせは感光基板（フォトリソ等が塗布されたウエハ或いはガラスプレート）の露光面を投影光学系の最良結像面に逐次あわせ込むために高さ計測とオートフォーカス・オートレベリングの補正駆動をスキャン露光中連続的にこなっている。

【0005】これらの装置における高さ及び面位置検出機構は例えばウェハー表面に光束を斜め上方より入射するいわゆる斜入射光学系を用いて感光基板からの反射光をセンサー上の位置ずれとして検知する方法やエアーマイクロセンサーや静電容量センサーなどのギャップセンサーを用いる方法などがありスキャン中の複数の高さ測定値から測定位置が露光スリット領域を通過するときの高さ及び傾きの補正駆動量を算出、補正するというものであった。

【0006】

【発明が解決しようとしている課題】現在使用されているスリット・スキャン方式の露光装置のコンセプトを256M以降に対応可能な解像力となる様、投影系を改良した場合次の問題が発生する。

【0007】即ち回路パターンの微細化に対応できる様に縮小投影系が高NA化されるに従い回路パターンの転写工程におけるフォーカスの許容深度はますます狭くなって来る。現状のラフ工程に使用されている露光装置では許容深度が5 $\mu$ m以上確保されているためスキャン露光中に連続計測される計測値に含まれる計測誤差やチップ内段差の影響は無視できるが256M対応を考慮した場合その許容深度は1 $\mu$ m以下となるため前記計測誤差やチップ内段差（チップ内のパターン構造）の影響を補正する必要がある。

【0008】従来の縮小投影露光装置においては感光基板上に同一パターン構造を有する複数のチップが配置されており、その表面形状は露光位置でほぼ再現されるためロット処理に先立ち先行のパイロットウェハーで試し焼きを行えば上記オフセットは補正することができる。即ち面に対するフォーカス検出系の各計測点のキャリブレーションを行うことができるが、露光領域内複数ポイントをスキャンしながら計測する上記スリット・スキャン方式の露光装置ではこのフォーカスセンサーのキャリブレーションを測定点毎に焼きにより求める場合例えばチップ内20ポイントの補正を行うと仮定すると顕微鏡で像質を確認する作業は前記縮小投影露光装置の場合の20倍もかかってしまい生産効率を大きく悪化させることになる。

【0009】またレジスト表面を確実にとらえる様にセンサーを構成したとしても次のような場合その表面に沿って補正を行った場合かえってデフォーカスが発生する場合がある。即ち、メモリーなどの露光域内の構成は大きく分けるとメモリーセルの部分と周辺回路の部分とからなり一般的にクリティカルな解像性能を要求される露光領域はメモリーセルの部分に集中している。256Mのチップを例にとるとクリティカルな線幅転写が要求されるメモリーセル領域とメモリーセル領域を分割する様にたて・よこに走るルールの緩い周辺回路部分からなっている。この境界領域を拡大したのが図4(a)、(b)である。セル部分と周辺回路部分はCMP (chemical mechan

ical polishing) やリセスアレイ形成法などにより平坦化が進められているが1 $\mu$ m程度の段差が残ってしまう。今図4(a)に示す様にこの領域をスキャンしながらZ方向の補正を計測値どうり行う場合、即ちスリットの露光像面をレジスト表面に常にトラッキングさせる場合、スリットのスキャン方向の幅即ち短辺が5mmに対して周辺回路部分が2mmあるとすると段差がある周辺回路の両脇にあるメモリーセルの各々2mmの領域(図4(a)のハッチング部分)で1 $\mu$ m程度のデフォーカスが発生することになる。周辺回路の線幅管理はメモリーセルのそれに比べ緩くなっているためフォーカス深度もそれに依じて拡大している。この点を考慮すれば実段差（パターン構造）に露光像面を追従させることは好ましくなく段差データを補正量として管理する方が精度的に有利であると考えられるが現状ではオフセット管理および補正の方法が確立されていない。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は前記した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は多点のフォーカス計測系のキャリブレーションを行いウェハー表面の位置を高精度に検出する事ができる面位置検出方法を提供する事にあり 特にスリットスキャン露光方式における高精度の面位置検出方法を提供することにある。

【0011】本発明の面位置検出方法のある形態は、パターン構造を有する領域が形成された物体を面位置検出手段に対して相対走査して、前記領域内の複数の検出ポイントの面位置を前記面位置検出手段で測定する面位置検出方法において、前記面位置検出手段が面位置を検出する際の前記複数の検出ポイント間のパターン構造の違いにより生じる各検出ポイント毎の誤差を検出する段階と、前記物体を前記面位置検出手段に対して相対走査して、前記面位置検出手段で前記領域内の前記複数の検出ポイントの面位置を検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする。

【0012】前記面位置検出方法の好ましい形態は、前記物体には、前記領域と同一のパターン構造を有する複数の領域が形成されており、前記物体を前記面位置検出手段に対して相対走査して、前記面位置検出手段で前記複数の領域内の前記複数の検出ポイントと同一箇所の面位置を検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする。

【0013】前記誤差検出段階の好ましい形態は、前記複数の各領域内であって同一箇所の面位置データの組毎に各々の面位置データに基づいて前記物体の面形状を各々検出する段階と、前記各面形状に基づいて前記誤差を検出する段階とを有することを特徴とする。

【0014】本発明の走査型露光方法のある形態は、レ

10

20

30

40

50

チクルとウエハを投影光学系に対し同期させて走査させるとともに前記投影光学系を介して前記レチクル上のパターンを前記ウエハ上に投影露光する際、前記ウエハ上のパターン構造を有する被露光領域内の走査方向に並んだ複数の検出ポイントの面位置を順次検出して前記被露光領域を前記投影光学系の像面位置に位置させる走査型露光方法において、面位置を検出する際、前記複数の検出ポイント間のパターン構造の違いにより生じるの各検出ポイント毎の誤差を検出する段階と、前記複数の検出ポイントの面位置を順次検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする。

【0015】前記走査型露光方法の好ましい形態は、前記ウエハには、前記被露光領域と同一のパターン構造を有する複数の被露光領域が形成されており、前記複数の検出ポイントと同一箇所の面位置を順次検出する際、検出ポイント毎に該検出ポイントに対応した前記誤差で検出結果を補正する段階とを有することを特徴とする。

【0016】前記誤差検出段階の好ましい形態は、前記複数の各被露光領域内であって同一箇所の面位置データの組毎に各々の面位置データに基づいて前記ウエハの面形状を各々検出する段階と、前記各面形状に基づいて前記誤差を検出する段階とを有することを特徴とする。

【0017】本発明の面形状検出方法のある形態は、物体に対して斜入射する光束によって物体の面位置を検出する面位置検出手段によって、前記物体上に形成された同一のパターン構造を有する複数の領域の各領域内の同一箇所の面位置をそれぞれ検出して物体の面形状を検出する方法において、前記面位置検出手段によって、前記領域の同一箇所の面位置を検出する第1検出段階と、前記検出結果に基づいて前記物体を所定の位置に駆動する段階と、前記物体を駆動後、前記面位置検出手段によって、再度前記領域の同一箇所の面位置を検出する第2検出段階と、前記駆動の際の駆動量と前記第2検出段階の検出結果に基づいて前記各領域の面位置を算出する段階とを有することを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は本発明の面位置検出方法を用いるスリット・スキャン方式の投影露光装置の部分概略図である。

【0019】図1において1は縮小投影レンズであり、その光軸は図中AXで示され、またその像面は図中Z方向と垂直な関係にある。レチクル2はレチクルステージ3上に保持され、レチクル2のパターンは縮小投影レンズの倍率で1/4ないし1/2に縮小投影されその像面に像を形成する。4は表面にレジストが塗布されたウエハであり、先の露光工程で形成された同一のパターン構造を有する多数個の被露光領域(ショット)が配列されている。5はウエハを載置するステージで、ウエハ4をウエハステージ5に吸着・固定するチャック、X軸

方向とY軸方向に各々水平移動可能なXYステージ、投影レンズ1の光軸(AX)方向であるZ軸方向への移動やX軸、Y軸の回りに回転可能なレベリングステージ、Z軸の回りに回転可能な回転ステージにより構成されており、レチクルパターン像をウエハ4上の被露光領域に合致させるための6軸補正系を構成している。

【0020】図1における10から19はウエハ4の表面位置及び傾きを検出するために設けた検出光学系の各要素を示している。10は光源であり、白色ランプ、または相異なる複数のピーク波長を持つ高輝度発光ダイオードの光を照射する様に構成された照明ユニットよりなっている。11はコリメータレンズであり光源10からの光束を断面の強度分布がほぼ均一の平行光束として射出している。12はプリズム形状のスリット部材であり一對のプリズムを互いの斜面が相対する様に貼り合わせており、この貼り合わせ面に複数の開口(例えば6つのピンホール)をクロム等の遮光膜を利用して設けている。13は両テレセントリック系の光学系で、スリット部材12の複数のピンホールを通過した独立の6つの光束をミラー14を介してウエハ4面上の6つの測定点に導光している。図1では2光束のみ図示しているが各光束は紙面垂直方向に各々3光束もっている。このときレンズ系13に対してピンホールの形成されている平面とウエハ4の表面を含む平面とはシャインブルーフの条件(Scheinmpflug's condition)を満足するように設定している。

【0021】本実施例において光照射手段からの各光束のウエハ4面上への入射角 $\Phi$ (ウエハ面にたてた垂線即ち光軸となす角)は $\Phi=70^\circ$ 以上である。ウエハ4面上には図3に示す様に、同一パターン構造を有する複数個の被露光領域(ショット)が配列されている。レンズ系13を通過した6つの光束は図2に示す様にパターン領域の互いに独立した各測定点に入射・結像している。また6つの測定点がウエハ4面内で互いに独立して観察されるようにX方向(スキャン方向5a)からXY平面内で $\Theta^\circ$ (例えば $22.5^\circ$ )回転させた方向より入射させている。

【0022】これにより本出願人が特願平3-157822号で提案している様に各要素の空間的配置を適切にし面位置情報の高精度な検出を容易にしている。

【0023】次にウエハ4からの反射光束を検出する側、即ち15から19の各構成について説明する。16は両テレセントリック系の受光光学系でウエハ4面からの6つの反射光束をミラー15を介して受光している。受光光学系16内に設けたストッパー絞り17は6つの各測定点に対して共通に設けられておりウエハ4上に存在する回路パターンによって発生する高次の回折光(ノイズ光)をカットしている。両テレセントリック系の受光光学系16を通過した光束はその光軸が互いに平行となっており補正光学系群18の6個の個別の補正レ

ンズにより光電変換手段群19の検出面に、互いに同一の大きさのスポット光となる様に再結像させている。

【0024】またこの受光する側(16から18)はウエハー4面上の各測定点と光電変換手段群19の検出面とが、互いに共役となるように倒れ補正を行っているために各測定点の局所的な傾きにより検出面でのピンホール像の位置が変化することはなく各測定点の光軸方向AXでの高さ変化に応答して検出面上でピンホール像が変化するように構成されている。

【0025】ここで光電変換手段群19は6個の1次元CCDラインセンサーにより構成している。これは次の点で従来の2次元センサーの構成よりも有利である。まず18の補正光学系群を構成する上で光電変換手段を分離する事により各光学部材やメカ的なホルダーの配置の自由度が大きくなる。また検出の分解能を向上させるにはミラー15から補正光学系群18までの光学倍率を大きくする必要があるがこの点でも光路を分割して個別のセンサーに入射させる構成とした方が部材をコンパクトにまとめることが可能である。さらにスリット・スキャン方式では露光中のフォーカス連続計測が不可欠となり計測時間の短縮が絶対課題となるが従来の2次元CCDセンサーでは必要以上のデータを読み出しているのもその一因であるが1次元CCDセンサーの10倍以上の読み出し時間を必要とする。

【0026】次にスリット・スキャン方式の露光システムについて説明する。

【0027】図1に示す様にレチクル2はレチクルステージ3に吸着・固定された後投影レンズ1の光軸AXと垂直な面内で図1に示す矢印3a(X軸方向)方向に一定速度でスキャンするとともに矢印3aと直交する方向(Y軸方向:紙面に垂直)には常に目標座標位置を維持してスキャンする様に補正駆動される。このレチクルステージのX方向及びY方向の位置情報は図1のレチクルステージに固定されたXYバーミラー20へ外部からレチクル干渉系(XY)21から複数のレーザービームが照射されることにより常時計測されている。

【0028】露光照明光学系6はエキシマレーザー等のパルス光を発生する光源を使用し不図示のビーム整形光学系、オブティカルインテグレイター、コリメータ及びミラー等の部材で構成され、遠紫外領域のパルス光を効率的に透過或いは反射する材料で形成されている。ビーム整形光学系は入射ビームの断面形状(寸法含む)を所望の形に整形するためのものであり、オブティカル・インテグレイターは光束の配光特性を均一にしてレチクル2を均一照度で照明するためのものである。露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードによりチップサイズに対応して矩形の照明領域が設定され、その照明領域で部分照明されたレチクル2上のパターンが投影レンズ1を介してレジストが塗布されたウエハー4上に投影される。

【0029】図1に示すメイン制御部27はレチクル2のスリット像をウエハー4の所定領域にXY面内の位置(X, Yの位置, 及びZ軸の回りの回転 $\Theta$ )とZ方向の位置(X, Y各軸にの回りの回転 $\alpha, \beta$ 及びZ軸上の高さZ)を調整しながら、レチクルとウエハーを投影光学系に対し同期させて走査させるとともに縮小投影光学系1を介してレチクル2上のパターンをウエハー上に投影露光するスキャン露光を行う様に全系をコントロールしている。即ちレチクル上のパターンのXY面内での位置あわせはレチクル干渉計21とウエハーステージ干渉計24の位置データと不図示のアライメント顕微鏡から得られるウエハーの位置データから制御データを算出し、レチクル位置制御系22及びウエハー位置制御系25をコントロールすることにより実現している。

【0030】レチクルステージ3を図1 矢印3aの方向に走査する場合ウエハーステージ5は図1の矢印5aの方向に投影レンズの縮小倍率分だけ補正されたスピードで走査される。レチクルステージ3の走査スピードは露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードのスキャン(走査)方向の幅とウエハー4の表面に塗布されたレジストの感度からスループットが有利となるように決定される。

【0031】レチクル上のパターンのZ軸方向の位置合わせ即ち像面への位置合わせはウエハー4の高さデータを検出する面位置検出系26の演算結果をもとにウエハーステージ内のレベリングステージへの制御をウエハー位置制御系25を介しておこなっている。即ちスキャン方向に対してスリット近傍に配置されたウエハー高さ測定用スポット光3点の高さデータからスキャン方向と垂直方向の傾き及び光軸AX方向の高さを計算して露光位置での最適像面位置への補正量を求め補正を行っている。

【0032】次に、本発明の面位置検出方法によりウエハー4の被露光領域の位置を検出する方法をのべる。

【0033】ウエハー4の被露光領域のZ方向の位置即ち像面位置に対する位置(Z)および傾き( $\alpha, \beta$ )のずれを検出するためにはウエハー4の表面を正確に計測するとともに照明領域形状と被露光領域のパターン構造(実際の段差)との関係も考慮しなければならない。前者の表面を正確に計測するという目的に対して光学方式の検出系を用いた場合次のような検出誤差の要因が考えられる。即ちウエハー4のレジスト表面で反射した光とウエハー4の基板面で反射した光との干渉の影響である。その影響は広い意味でのパターン構造である基板面の材質により変化しAlなどの高反射の配線材料では無視できない量となる。また静電容量センサーをウエハー面位置検出センサーとして使用した場合においては、高速素子や発光ダイオードの基板として使用するGaAsウエハーでは誘電体であるがためSiウエハーとは異なり大きな計測オフセットを持つことが知られている。また計測誤差の他



の例として被露光領域のパターン構造(実際の段差)の考慮をあげたが、これは先にも述べたとうり実段差に露光像面を追従させることは好ましくなく、図4(b)に示すように段差データを補正量として管理する方が精度的に有利である。

【0034】その補正方法の概略を図5のフローチャートを用いて説明する。step101でスタート指令を受け、step102でウエハーをステージ上に搬入・チャックに吸着固定する。その後チップの被露光領域内の表面形状(複数の面位置)を測定するために、step103で図3に示すような、斜線の複数のサンプルショット領域にてプリスキヤン測定(実際にスキヤンさせながら各被露光領域内の複数箇所の面位置を検出する)をおこなう。その後、測定された面位置検出値(面位置データ)を用いて、スキヤン露光中の面位置検出値を最適露光像面位置までの距離に補正するための補正值(パターン構造に依存する誤差)をstep104にて算出する。補正值の算出が完了するとstep105にてスキヤン露光中、各面位置を検出する検出ポイントでの面位置検出値を、検出ポイントのパターン構造に対応した前記補正值で補正し、補正された面位置検出値に基づいて、被露光領域を露光像面に合わせ露光を行う。

【0035】このプリスキヤン測定で求められた補正值は、パターン構造(被露光領域内の実際の段差、基板の材質)に依存する。従って、同一ロットもしくは同一工程を経たウエハ同士では、パターン構造が同一と考えられるので、最初の少なくとも一枚のでも求めた補正值を、以後のウエハに適用することが可能である。そのフローチャートを図6に示す。図6に示したフローチャートの様なシーケンスによって、大幅なスループットが期待できる。

【0036】以下、パターン構造(被露光領域内の実際の段差、基板の材質)に依存する計測誤差要因をスキヤン露光中の面位置検出値から補正するためのオフセット値(補正值)の計測方法を詳細に説明する。

【0037】ウエハーの面位置及び傾きを検出する際に問題となるパターン構造(被露光領域内の実際の段差、基板の材質)に依存する誤差を面位置計測データから補正するオフセット値を導出する方法を以下図5のフローチャートを使用して説明する。

【0038】まず上記オフセット値を算出するために予めサンプルショットとしてスキヤン計測すべき被露光領域を複数個決めておく。これはウエハーの面精度の影響を受けにくい様ウエハー上中心対称かつ全面の情報を効率的に得られる例えば図3に示す様な斜線の被露光領域の位置を選択することが望ましい。この配置はCMPなどの研磨工程やその他の処理工程等を考慮した場合ウエハーの円形状という特殊性から変形が中心対称的に発生することが想定されるからである。まずstep1でウエハー4をウエハーステージ5のチャック上に載せ吸着・固

定する。その後step2で不図示のAA顕微鏡下へ特定ショットのアライメントマークを移動・AA顕微鏡のフォーカス補正を行いアライメントマークの位置を計測する。この測定を複数(gショット)のショットで測定し得られるアライメントデータからウエハー上の全露光位置のショットの配列データを補正し各被露光領域がスキヤン露光中正しくレチクルと位置合わせできるような状態にしておく。この状態にしておけば各被露光位置のパターンは同一のレチクルにて処理されているため各露光位置におけるステージ座標で定義した第j回目の面位置計測時のパターン構造はアライメント精度の範囲内で完全に一致する事が期待され、実際各測定ごとにほぼ一定の計測データを示すことが確認されている。このステップで得られた配列情報に従って以下のサンプルショット移動及びショット内のスキヤンが実行されるためショット間でのショット内各スキヤン位置でのチップ内形状はアライメント精度の範囲内で同一パターン構造の同一箇所を測定していることになる。またこの測定の段階でウエハー全面の傾斜成分をフォーカス検出系で測定しておきstep3に入る前にウエハー全体の傾斜成分を補正するようにウエハーステージ5内部のレベリングステージを補正駆動しておく。

【0039】このstep2でのショット配列補正が確定すると、step3でオフセット計測のシーケンスに移行していく。まず予め決定されたサンプルショットSi(i=1~m)内第1計測ポイント(検出ポイント)位置へウエハー系のレーザー干渉計24の出力信号に基づいて移動する(step3, step4)。そこで被露光領域内第j計測ポイントでのウエハー表面での面位置計測データ即ちウエハー表面の光軸AX方向の位置Zjk(k=1~p)を検出光学系(10~19)で検出することになるが、実際の露光時にはほぼ投影レンズの像面近傍で計測されるためこのオフセット測定の際も像面近傍で計測する必要がある。今ウエハーの面形状が変形をうけていない場合、ウエハー全面の面形状を知るためにはウエハーの高さを固定(レベリングステージの高さ固定)してウエハーステージをX、Y方向にステップ・位置決めを行い、逐次面位置測定を行えばよい。しかるにウエハーが複数の処理工程を経て加工が進んでくるとウエハー全面の形状は図8(a)、(b)に示すような凸または凹の形状を持つ傾向がある。このような全体的に変形を受けたウエハーにおいて斜入射の検出光学系を用いた場合、図8(a)に示す様にウエハーの高さを固定したままフォーカス計測を進めると検出用光ビームの入射位置はウエハー形状の変化即ち高さ変化に応じて横方向にシフトしてしまい本来必要としている露光像面近傍での観察パターンとは異なる位置を読んでいる可能性が高くなる。この問題の解決方法として図8(b)に示す様に各計測位置でZステージの位置を像面近傍位置へ補正する方法をとっている。このシーケンスを図7に戻って説明する。まずstep5にてXY平面内で露光位置と

同一の位置へ位置決めされた状態で不図示のレベリングステージの位置検出系でレベリングステージの位置を検出して、ウエハーステージ5内のレベリングステージの位置( $Z0, \alpha 0, \beta 0$ )を記憶(最初のサンプルショットの第1ポイントでのみ測定その後の各ショット、各ポイントでの補正計算にはこのデータを使用)した後、ウエハーステージ5表面での面位置計測データを求め、その値を用いて像面位置までウエハーステージ5表面を移動してZ補正駆動をおこなう。この像面位置までのウエハーステージ5表面のZ補正駆動を行うことにより前記検出用光ビームの横方向シフトの問題はなくなり(図8(b))補正後のレベリングステージの位置( $Zj, \alpha 0, \beta 0$ )とその位置での面位置計測データ即ちウエハーステージ5表面の光軸AX方向の位置 $Z0jk(k=1\sim p)$ のデータから、 $Zjk(k=1\sim p)=Z0jk+Zj-Z0$ と計算する。ここでは補正量( $Zj-Z0$ )をレベリングステージのZ方向の位置検出結果で行う例を説明したが、計測値 $Z0jk$ の値を基にレベリングステージの補正駆動を行っているのでレベリングステージの駆動誤差が無視できる場合、補正駆動前の計測値 $Z0jk$ の値と補正駆動後の $Z0jk$ の値を加算していくことによって実現可能である。この位置 $Z0jk(k=1\sim p)$ に対応する信号がp個のCCDリニアセンサーで構成された検出部19からフォーカス信号処理部26へ入力され上記補正計算を実施した後、第j計測ポイントでの計測値としてメモリーされる。またstep6にてこの位置でのウエハーステージ5のポジション(X, Y)も同時にメモリーする。

【0040】step7では同様の測定をサンプルショット内全計測ポイント( $j=1\sim n$ )での計測が終了したか判定し終了していなければstep4で次の計測ポイントへ移動し同様の計測をくりかえす。終了した場合step8で全サンプルショット( $i=1\sim m$ )での計測が終了したか判定し終了していなければstep3へ移動する。

【0041】step8の判定で全サンプルショット内全サンプル計測ポイントでの計測が終了したと判定された場合step9にて被露光位置内計測位置での全計測ポイント、全センサー位置でのオフセット補正值 $Cjk$ を計算する。この計算に関しては本出願人が先に提案した特公平6-52707号にある面位置検出方法においてステッパなどで用いられる被露光位置内単一ポイント計測の例を説明しているが今回提案する検出方法はそれをスキャン方式の露光装置での応用を考慮し高精度かつ被露光領域内の複数ポイントでの計測オフセット補正として使用できるように次のように改良している。即ち本オフセット計測シーケンスで得られる被露光位置内の計測ポイントjでの計測センサーkの計測値 $Zjk$ により $n \times p$ 個のウエハーステージ5の面形状を示す面形状関数 $Fnp(x, y)$ (各面形状関数のデータポイント数はサンプルショット $Si(i=1\sim m)$ のmポイント)が決定される。これらの面形状関数 $Fnp(x, y)$ の曲面の次数や展開式は所定の多項式の形で予め決めておき、各面のオフセット量を求めるために測定値 $Zjk$

を面位置データとして用い最小自乗法により $Fnp$ の係数即ちオフセット補正值を求める。

【0042】具体的には、

$$\iint (Fjk(x, y) - Zjk(x, y)) 2dx dy = 0 \quad (j=1\sim n, k=1\sim p)$$

なる式を満足する様な定数項 $Cjk$ を求めることになる。

【0043】この補正值導出のシーケンスをサンプルショット $m=3$ 、走査方向の計測ポイント $j=3$ 、計測センサー $k=3$ の場合を図9(a)を用いて説明する。まず簡略化のためにウエハーステージ5の平面度は1次元的であり平面の式、 $aX+bY+cZ=d$ で $b=c=0$ と仮定する。

【0044】今ウエハーステージ5上の断面構造は図9(a)にあるように計測ポイント $j=1$ では計測センサー $k=1$ 、2が同一の高さに対し $k=3$ のみ段差が測定される構造(例えばメモリーセル領域中下地材質が異なる部分 $k=1, 2$ で干渉の影響により基板側に計測値がシフトしている)が $j=3$ でも繰り返されており、 $j=2$ の計測ポイントでは、 $k=2$ のみ段差が大きい測定値が得られる構造(例えばメモリーセルに対する周辺回路領域)になっているとする。この被露光領域のパターンはサンプルショットを $m=1\sim 3$ で測定した場合図のようにアライメント精度の範囲内で合致しているためその面位置測定値 $Zjk$ も再現する。

【0045】このようにして得られた27個の計測値 $Zjk$ から次のような計算処理によりオフセット $Cjk$ をもとめる。即ち図9(a)の $Z21$ データを基準(この位置の投影レンズ像面とのオフセット $C21$ は例えば先行ウエハーステージ5で実際に露光などにより求める)として他の $Cjk$ を求めることにする。今 $m=1\sim 3$ の $Z21$ 計測データで作る面 $F21$ を基準すなわち定数項0として扱い、たとえば周辺回路領域に相当する $Z22$ のオフセット $C22$ を求めるには図9(b)に示す様に $Z22$ の $m=1\sim 3$ の計測値で求められる面形状関数 $F22$ と前記 $F21$ とのウエハーステージ5の形状に関する差分を求める。とよい。

【0046】ここでの差分は一般の平面の式でいわれる $d$ (切片)の差分量でありその値は図の $C22$ として算出可能である。また同様にして干渉の影響でシフトしている $Z11$ の $C11$ に関しても $F21$ と $F11$ との切片の差分として求めることが可能である。同様の計算を他の $Cjk$ の算出時にも行いその結果をメモリーに記憶する。

【0047】引き続き各被露光位置でのフォーカス位置計測・ $Cjk$ による計測値補正・レベリングステージの位置補正の過程を図7及び図10にて説明する。今図7のstep11, 12で第Nショットの第1計測ポイントに到達した位置即ち図10(a)に示すように第N-1ショットを露光中にフォーカス計測ビームが第Nショット第1計測ポイントにかかる位置へウエハーステージ5が移動している状態を説明する。step12で第Nショット、第1計測ポイントでの $Zjk$ 計測値具体的には図10(a)CR1, CR2, CR3の計測ビームに対する光電変換手段群19のうち3つのCCDリニアセンサーからの検出信号をフォーカス信号処理部26にて処理しその高さデータ $Z11, Z12, Z$



13をもとめる。この測定データには干渉による計測誤差や段差によるオフセット誤差を含んでいるためstep9で求めたCjkの補正データを使用し次のように差分を求めることによりウエハー本来の面位置計測データZTjkをもとめる。

【0048】  $ZTjk = Zjk - Cjk$

ここで算出されたZTjkはレジスト表面に起因する計測オフセットが補正された露光エリア内のウエハーの変形分のみを含んでおりこの面位置データを基にstep14で最小自乗平面を算出する。

【0049】次にstep15で投影レンズ1の露光像面と前記最小自乗平面との差分及びレベリングステージのZjk測定時の位置と現在位置との差分を補正する様にウエハーステージ5を光軸方向と傾き方向に補正駆動しウエハー露光エリアを縮小投影レンズ像面に一致させる。以上の様に第j計測ポイントの補正駆動が終了するとstep16で全計測ポイントが終了したか確認しj=nとなるまで計測・補正駆動を並列にくりかえす。

【0050】即ち図10(b)の状態ではj=1のデータで補正を行い同時にj=2のポイントでフォーカスの計測およびオフセット補正をおこなう。その補正データを使用して図10(c)の位置にスキャンしてきた段階ではj=2のデータで補正を行い、同時にj=3のポイントでフォーカスの計測およびオフセット補正をおこなう。その補正データを使用して図10(d)の位置にスキャンしてきた段階ではj=3のデータで補正を行う。j=nポイントまで計測・補正が完了するとstep17でウエハー上全露光ショットの露光が終了したかを確認し、N=wとなるまで各ショット スキャン露光をくりかえす。

【0051】以上説明したウエハーの面位置及び傾きを検出する際に問題となる計測誤差やチップ内段差のオフセット値を計測データから補正值として導出するシーケンス即ち多点フォーカス検出機構でのセンサー間キャリブレーションは形成されるパターンが異なる各工程で行うことになるがロット内の1枚のみで測定するだけで十分であり、その後の同一工程に関してはロット先頭の1枚で求めたオフセットCijをメモリーに記憶しておいて各フォーカス計測・補正時に使用する事により本来の目的は十分実現可能でありスループットを低下させることなく高精度のレベリング補正及び露光が実施される。

【0052】上記実施例ではウエハー上のパターンに依存したオフセットを補正するシーケンスを例にとったが上記例に限定されるものではなく例えば多点フォーカスの原点をキャリブレーションする際も従来は高精度の平面を用意したり実際に露光により求めたりしていたが今回のシーケンスをパターン加工されていないウエハーで実施する事によりフォーカスセンサーの取り付け位置オフセットを簡単に求めることが可能である。また面のみに限定されるものでもなく1点の高さ検出センサーでス

キャンフォーカスを行う場合スキャン内の基準面例えばメモリーセルの表面を常に像面位置に固定したい場合も同様のオフセット補正シーケンスを実行することにより可能である。

【0053】また上記実施例では被露光領域内でメモリーセルなどフォーカス深度が最も厳しい1ポイントを事前に露光してベストフォーカスを求める様にしたが1ポイントに限るものではなく、また装置要因即ちレンズの環境による変化を求めるため最低1ポイント測定し被露光領域内で個別にフォーカス補正位置を変化した方がよい場合即ちロジックデバイスなどで部分的に表面高さが異なる場合にはその設計値から上記面位置データオフセットCijのデータを補正してもよい。具体的には照明領域スリットの幅を考慮しCijで定義される2次元マップからオフセットを変更すべき領域が大きい場合その段差分でCijを補正する。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように本発明によればウエハー上の被露光領域のICパターンに起因する検出誤差及び表面の段差構造を、露光に先立ち最もフォーカス値が高精度に測定される条件でプリスキャンすることにより計測し、かつその被露光領域内で最もフォーカス精度が要求される部分の高さを基準としてオフセット管理することによりスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の検出誤差をリアルタイムで補正することができる。

【0055】従ってスリットスキャン露光装置などで工程が進み表面に段差ができてきたウエハーにおいてもその段差に左右されることなくウエハー本来の歪み成分の補正を行い被露光領域を確実に焦点深度内に位置づけることができる。このためより良好なパターン転写を行い256M以降のより集積度の高い回路を安定して作成する事ができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の面位置検出方法を用いるスリットスキャン方式の投影露光装置の部分的概略図。

【図2】検出光学系による面位置検出での露光スリットと各測定点の位置関係を示す説明図。

【図3】ウエハー上の被露光領域の配列状態と本発明でプリスキャンを行うサンプルショットの選択の例を示す平面図。

【図4】被露光領域スキャン中のIC表面トポグラフィーを示す被露光領域とフォーカス制御されたスリット露光の像面位置の関係を説明する説明図。

【図5】本発明の面位置検出方法を用いたオフセットの測定及び各ショットでの露光時の面位置補正駆動のシーケンスの概略例を示すフローチャート図。

【図6】本発明の面位置検出を用いたロット着工のシーケンス例を示すフローチャート図。

【図7】本発明の面位置検出方法を用いたオフセットの測定及び各ショットでの露光時の面位置補正駆動のシー

ケンスの1例を示すフローチャート図。

【図8】本発明の高精度にフォーカスオフセットを算出するための補正駆動を行う必要性を説明する説明図。

【図9】本発明のオフセット算出の方法を具体的に説明する説明図。

【図10】本発明の面位置検出方法を用いたスリットスキャン露光時のスリットと面位置検出センサーの位置関係を説明する説明図。

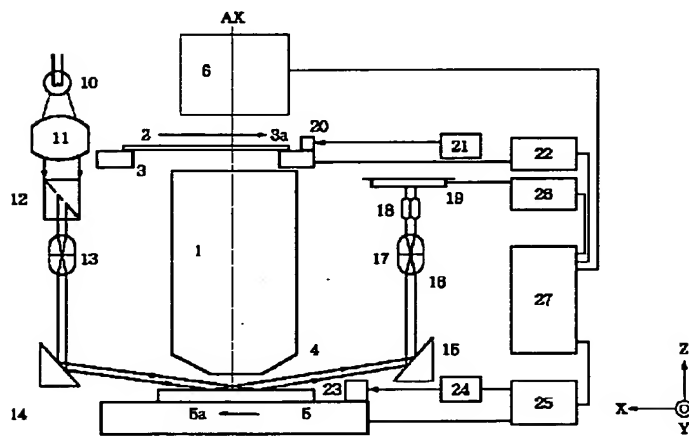
【符号の説明】

- 1 縮小投影レンズ
- 2 レチクル
- 3 レチクルステージ
- 4 ウエハー
- 5 ウエハーステージ

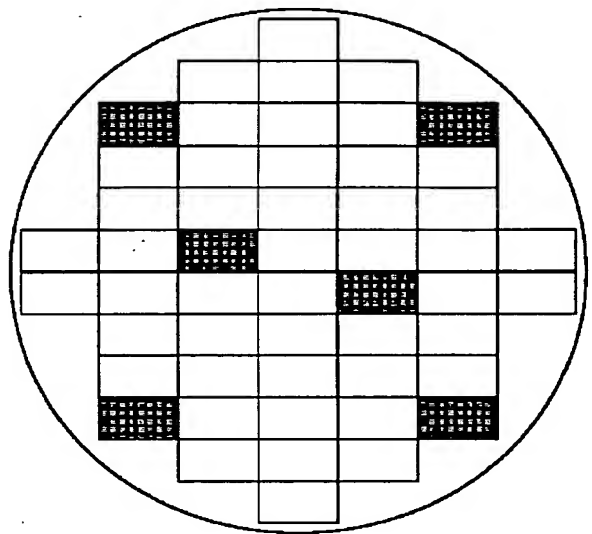
## 6 露光照明光学系

- 10 光源
- 11 コリメータレンズ
- 12 プリズム形状のスリット部材
- 14 折り曲げミラー
- 15 折り曲げミラー
- 19 光電変換手段群
- 21 レチクルステージ干渉計
- 22 レチクル位置制御系
- 10 24 ウエハーステージ干渉計
- 25 ウエハー位置制御系
- 26 面位置検出系
- 27 メイン制御部

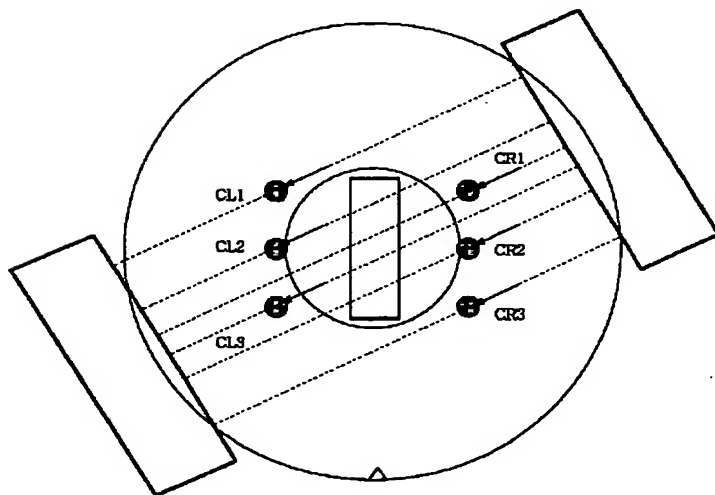
【図1】



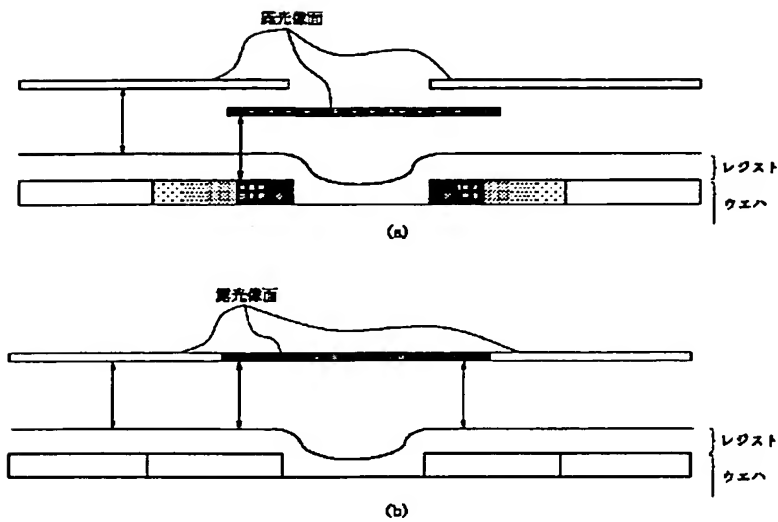
【図3】



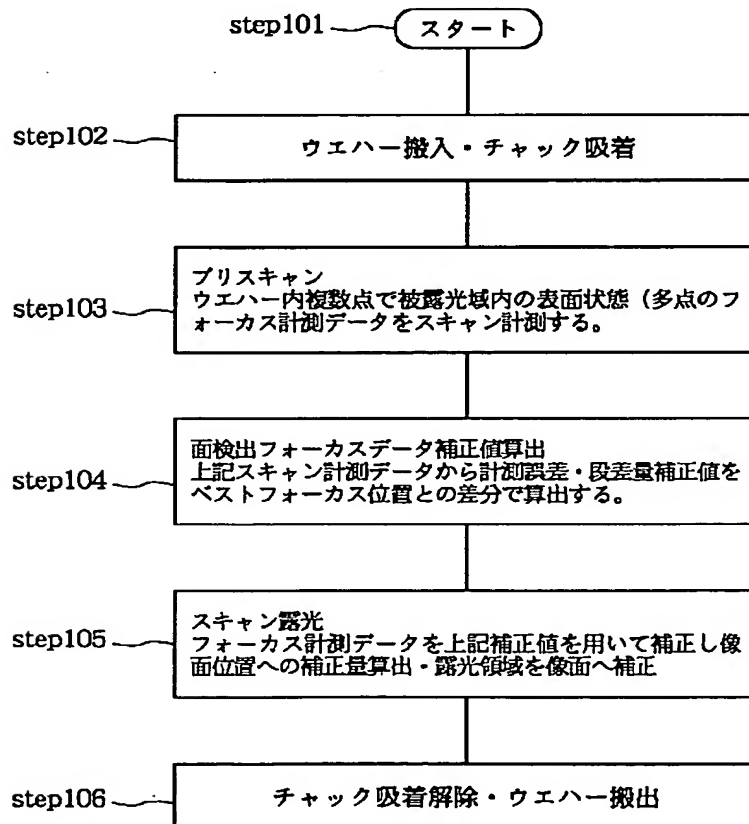
【図2】



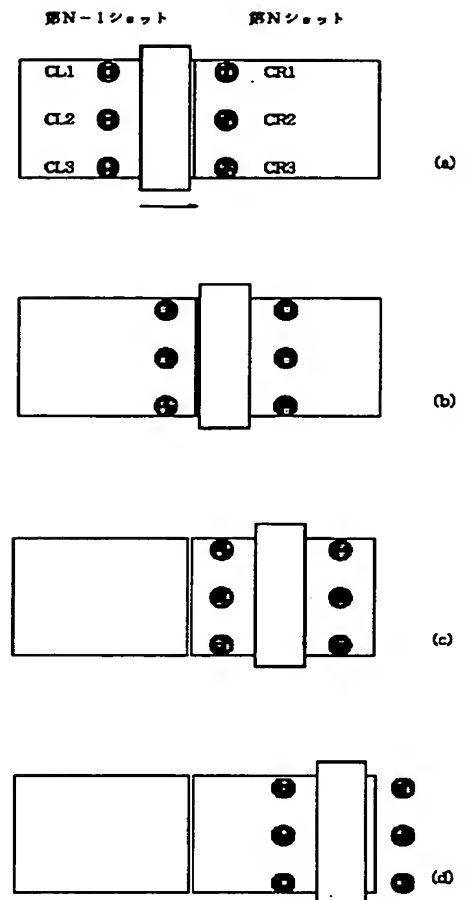
【図 4】



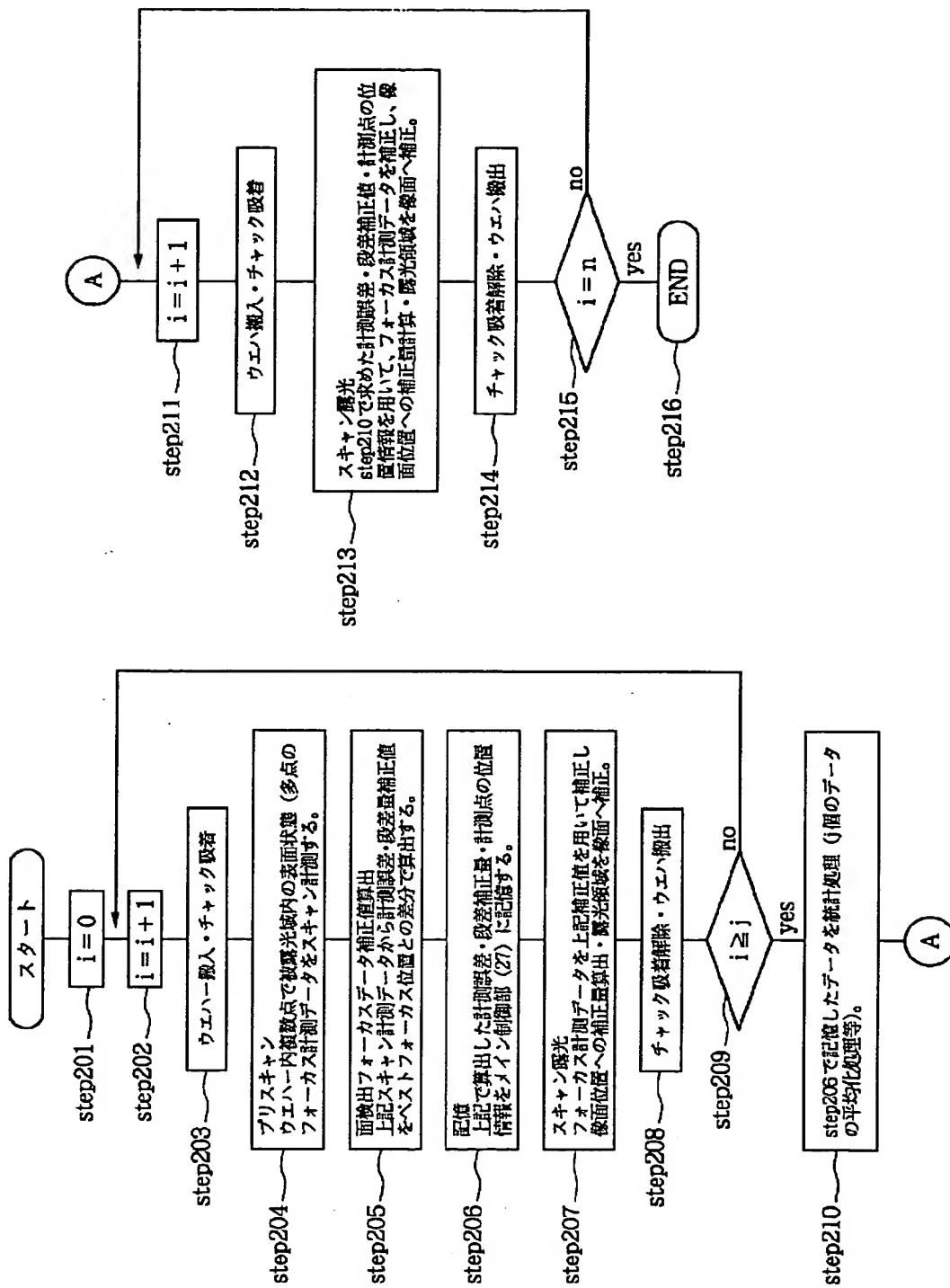
【図 5】



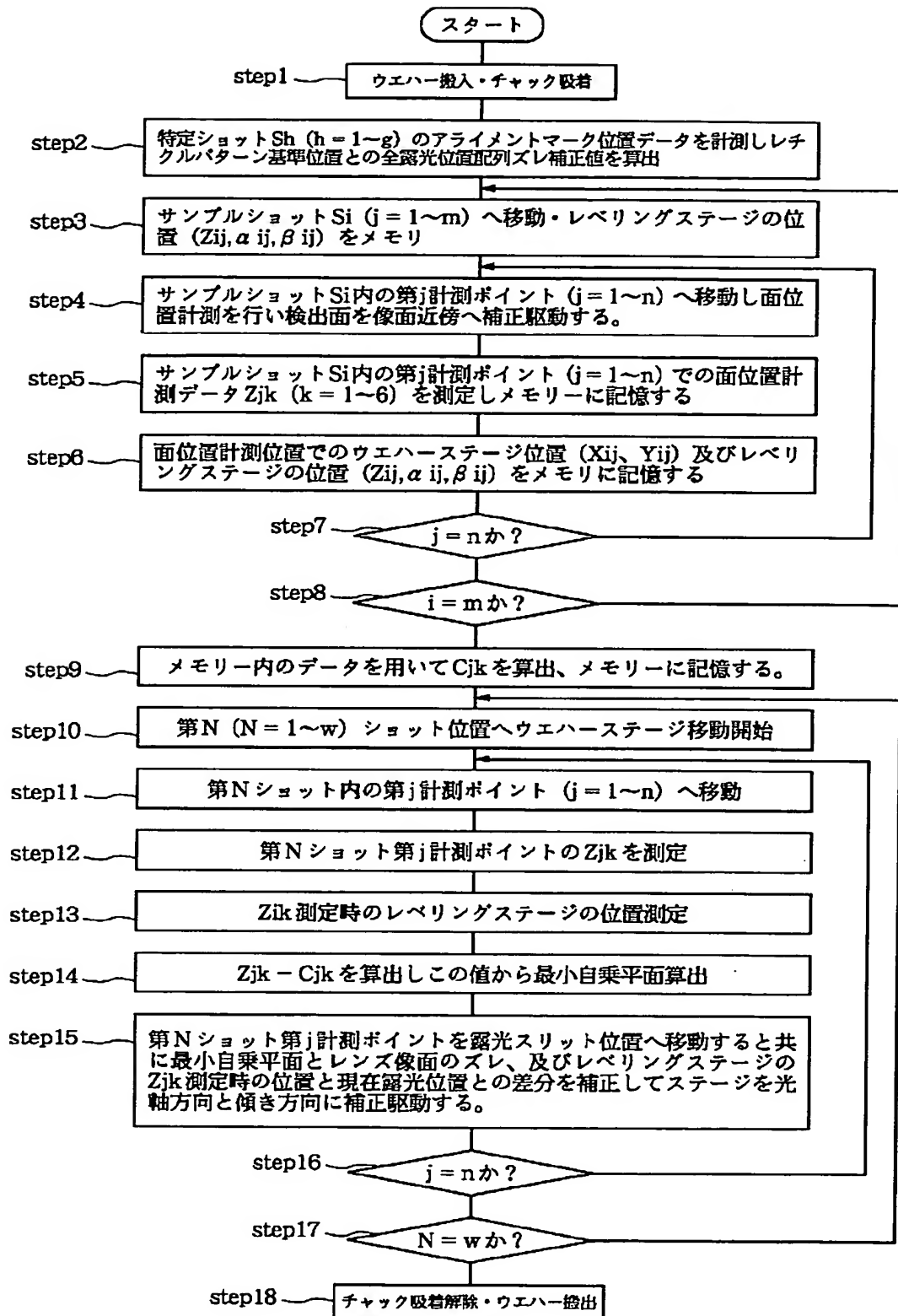
【図 10】



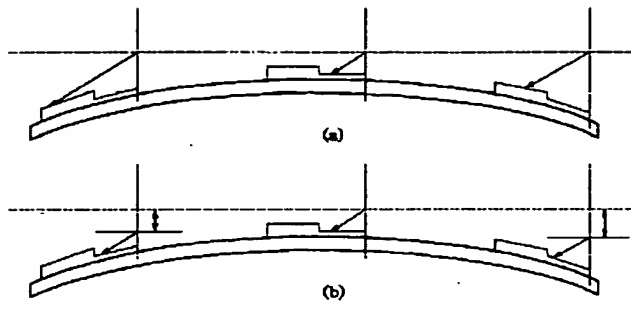
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

